



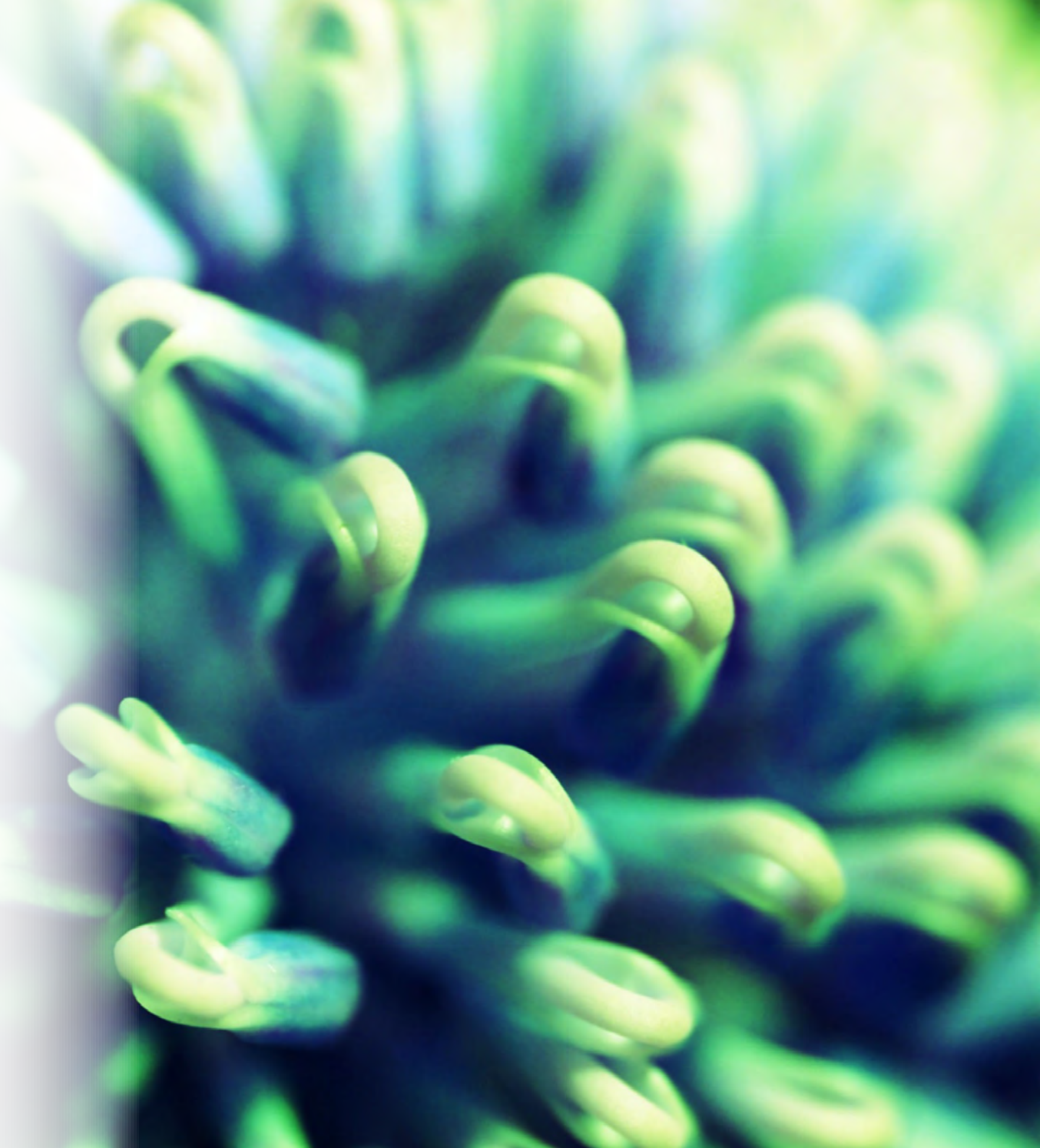
UNIDADES DIDÁCTICAS

los nanomartes

NANOCIENCIA

PRECAUCIONES GENERALES DE SEGURIDAD

1. Lea la descripción de los experimentos detenidamente antes de realizar las experiencias en el aula.
2. Si desea que los alumnos realicen de forma práctica los experimentos, asegúrese de supervisarlos en todo momento para que hagan un uso adecuado del material y de los reactivos.
3. El maletín no debe almacenarse a temperaturas superiores a los 20° y es aconsejable protegerlo de la humedad y el fuego.
4. Para la utilización de los reactivos se aconseja la utilización de guantes de látex, bata de laboratorio y gafas de seguridad.
5. En las experiencias que implican la utilización de fuentes de calor, se aconseja la utilización de manoplas térmicas, bata de laboratorio y gafas de seguridad. Además se recomienda contar con un pequeño botiquín para poder tratar posibles accidentes por quemaduras.
6. Realice un uso racional de los materiales teniendo en consideración las peculiaridades del proyecto.



PREFACIO	5
INTRODUCCIÓN	7
¿Qué es la nanotecnología?	
CAPÍTULO 1: LA NANOESCALA	8
Experiencia 1: Cinta nanométrica	9
CAPÍTULO 2: MATERIALES SORPRENDENTES	10
Experiencia 2: Silly Putty (Plastilina) magnética	12
CAPÍTULO 3: FUNCIONALIDAD A TRAVÉS DE LA NANOTECNOLOGÍA	14
Experiencia 3: Film anti-espía	15
Experiencia 4: Nanocrema solar	17
Experiencia 5: Óxido de titanio	19
Experiencia 6: Lámina termocrómica	21
Experiencia 7: Taza termocrómica	22
Experiencia 8: Body termocrómico	23
CAPÍTULO 4: EFECTO LOTUS	24
Experiencia 9: Experimento para observar el "Efecto Lotus"	26
Experiencia 10: Producto anti-vaho	27
Experiencia 11: Ángulo de humectancia	28
Experiencia 12: Arena mágica	30
CAPÍTULO 5: MEMORIA DE FORMA	32
Experiencia 13: Nitinol	33
Experiencia 14: Materiales cotidianos con memoria de forma	36
CAPÍTULO 6: CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA	38
Experiencia 15: Circuito eléctrico con grafito	40





Esta guía de experimentos sobre Nanociencia ha sido preparada por el Instituto de Nanociencia e Aragón (de aquí en adelante INA). Este centro perteneciente a la Universidad de Zaragoza, se dedica desde su constitución en 2003 a realizar labores de I+D+i en el campo de la Nanociencia. Gracias al personal investigador y técnico altamente especializado y a sus instalaciones de vanguardia, es ya un centro de referencia en Europa en el campo de la nanociencia.

Desde su constitución, el INA ha llevado a cabo multitud de acciones para la difusión de la nanociencia entre diferentes públicos y en diferentes contextos.

Con el objetivo de seguir trabajando en la difusión de esta rama emergente de la ciencia, surge el proyecto “Los nanomartes” que a continuación pasamos a describir. En este proyecto se ha seleccionado un día semanal para dedicar a la profundización en la Nanociencia y sus aplicaciones. El docente realizará las actividades en el aula en coordinación con el resto del profesorado de su departamento y para ello utilizará esta guía y el material contenido en el maletín. Una vez finalizada la acción en un centro y a través de la coordinación del programa Ciencia Viva, los maletines itinerarán de un centro a otro.

El maletín consiste en una herramienta que contiene el material necesario para la realización de una serie de experiencias relacionadas con la nanociencia y sus aplicaciones, orientadas principalmente a alumnos de ESO y Bachillerato.

En esta guía didáctica encontrará la información necesaria para el correcto desarrollo de las experiencias, así como información adicional para la introducción de la actividad y la profundización en los aspectos teóricos. Algunas de las actividades propuestas requieren de materiales adicionales sencillos de conseguir que deberá preparar el docente para su realización en el aula, si lo considera oportuno.

Es recomendable, por tanto, la lectura previa de esta guía por parte del docente para que este pueda realizar una previsión para la organización de la clase de los medios necesarios, así como supervisar que el material del maletín se encuentra en buen estado.

El maletín está diseñado para que las actividades puedan realizarse de forma sencilla en el aula y para un número determinado de usos. En caso de deterioro de algún material póngase en contacto con el INA para la reposición del mismo así como si alguno de los materiales fungibles se termina antes de finalizar las sesiones programadas.



¿QUÉ ES LA NANOTECNOLOGÍA?

Si consultamos en algún libro o enciclopedia de Ciencia, es probable que encontremos una definición como esta: La nanociencia y la nanotecnología son los campos de la ciencia y la técnica que se dedican a estudiar, diseñar, obtener y/o manipular de manera controlada materiales, sustancias y dispositivos de dimensiones inferiores al micrómetro (10^{-6}m) y próximas al nanómetro (10^{-9}m). (Un nanómetro es la millonésima parte de un milímetro y la mil millonésima parte de un metro).

¿Qué significa?

Lo primero que debemos recordar es que la materia está formada por átomos. Los átomos son partículas minúsculas. Incluso en un objeto muy pequeño, que apenas podemos ver a simple vista, hay muchísimos miles de millones de átomos.

Para formar los objetos grandes, estas enormes cantidades de átomos se unen unos con otros formando estructuras. Las distancias entre esos átomos son de un tamaño en torno al nanómetro, o sea, como hemos dicho antes, la millonésima parte de un milímetro.

Lo interesante es que los materiales tienen las propiedades que tienen (que sean duros o blandos, flexibles o rígidos, que se comporten

como imanes, o como conductores eléctricos, o como aislantes de calor...) por la forma en que los átomos se unen unos con otros en la escala nanométrica.

Esto es algo que los científicos ya sabían. Lo que no habían podido hacer hasta hace poco es controlar esa estructura en la nanoescala: no había forma de ver tamaños tan pequeños, ni de cambiar a voluntad la forma en que los átomos se unían.

Desde hace un tiempo, ya existen esas herramientas: y a partir de ahí, ya se puede hacer nanociencia.

Las aplicaciones de la nanociencia se basan en que, a escala nanométrica, los materiales tienen distintas propiedades que a macroescala, es decir, que al trabajar sólo con unos pocos átomos o moléculas de un compuesto, su comportamiento puede ser totalmente diferente al que presenta cuando tenemos cantidades mayores.

Esto abre un gran campo de investigación en el que se pueden desarrollar productos que respondan a las necesidades de la sociedad actual, lo que hace que algunos consideren este reto como la próxima revolución industrial.

CAPÍTULO 1: LA NANOESCALA

A LA LUZ DE NUESTROS OJOS

En nuestra vida cotidiana estamos acostumbrados a medir longitudes, ya sean tamaños de objetos, distancias, nuestra propia altura... Para ello utilizamos unidades a las que estamos acostumbrados como los metros o kilómetros, pero... ¿qué ocurriría si en lugar de medir en metros o centímetros utilizásemos una unidad de medida mucho más pequeña?

A LA LUZ DE LA NANOESCALA

La nanociencia es el estudio de los sistemas cuyo tamaño es de unos pocos nanómetros. Un nanómetro (nm) es 10^{-9} metros.

1 nanómetro = 0,000000001m.

Es decir, un nanómetro es la mil millonésima parte de un metro o la millonésima parte de un milímetro.

Para que nos hagamos una idea, un leucocito o glóbulo blanco (una célula de nuestro cuerpo que no puede verse sin ayuda del microscopio) tiene un diámetro de aproximadamente 100.000nm.

La nanociencia trata de comprender qué ocurre a esta escala diminuta y la nanotecnología trabaja para manipular y controlar la materia a esta escala.



Experiencia 1

CINTA NANOMÉTRICA

Divulgando: El nanómetro es una unidad muchísimo más pequeña que las que estamos acostumbrados a manejar habitualmente, por eso si nos transportamos a la “nanodimensión”, las cosas que nos rodean son gigantes. Lo podemos comprobar utilizando esta cinta nanométrica. ¿Cuántos nanómetros creéis que medirá un bolígrafo?

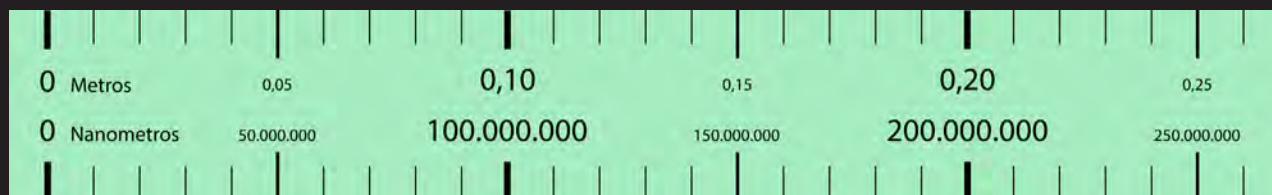
Protocolo: Esta actividad consiste en medir diferentes objetos cotidianos con ayuda de la cinta nanométrica para comprender la escala en la que nos movemos cuando hablamos de nanociencia y ser conscientes de lo pequeño que es el nanómetro. Se puede aprovechar la actividad para repasar las potencias en base diez y la transformación de unidades del sistema métrico.

Material:

- Cinta nanométrica

Proporcionado por el profesor:

- Diferentes objetos cotidianos (bolígrafo, goma, mesa, pizarra...)



CAPÍTULO 2: MATERIALES SORPRENDENTES

A LA LUZ DE NUESTROS OJOS

Esta plastilina magnética se inventó de forma accidental durante la Segunda Guerra Mundial, intentando buscar un sustituto para el caucho. Fue creada a partir de una mezcla de ácido bórico y aceite de silicona. En la actualidad se utiliza principalmente como juguete con el nombre comercial de Silly Putty. Este material presenta unas propiedades físicas muy curiosas porque está a medio camino entre un sólido y un líquido. Es un “sólido que fluye”. Resulta que su viscosidad depende de forma no lineal de la fuerza que se le aplique (incluida la atracción gravitatoria). Es menos viscoso (fluye mejor) al aplicarle fuerza de pequeña intensidad, pero ante fuerzas más violentas, se comporta casi como un sólido y es mucho más difícil atravesarlo. Las propiedades químicas de Silly Putty le dan sus características físicas distintivas, incluyendo rebote, estiramiento y fluidez.

A LA LUZ DE LA NANOESCALA

• Silicio y silicona

EL nombre “silly” se le dio por su ingrediente principal; la silicona. La silicona está compuesta de átomos de silicio enlazados con átomos de oxígeno, que se unen formando largas cadenas de átomos, lo que se conoce como polímero. Las propiedades físicas de los compuestos de silicona no son las mismas que las de otras sustancias que contienen combinaciones de silicio y oxígeno, como la arena de playa o el cuarzo: la estructura química (la forma específica en que los átomos se ordenan) es responsable de las diferentes propiedades.

Los compuestos de silicona se llaman siloxanos, o polisiloxanos.

• Dimetilsiloxano

La plastilina Silly Putty está compuesta al 65% de dimetilsiloxano, un tipo de polímero que, como hemos dicho, pertenece al grupo de las siliconas. Se trata de un



material viscoelástico, y sus enlaces covalentes flexibles le confieren sus cualidades de fluidez y elasticidad, semejantes a las de la plastilina. Las uniones cruzadas entre las múltiples cadenas de polímeros permiten que la Silly Putty fluya lentamente como un líquido a pesar de ser un material de plástico sólido.

- **Ácido bórico**

El boro y el silicio son elementos afines, por lo que el ácido bórico actúa entrelazando las cadenas de polímeros dando lugar a una rejilla compacta que le confiere al material esa consistencia y flexibilidad tan curiosa.

- **Magnetismo**

En nuestro caso, la plastilina está además mezclada con polvo de hierro, de forma que la Silly Putty se convierte en una plastilina con propiedades magnéticas.



Experiencia 2

SILLY PUTTY (PLASTILINA) MAGNÉTICA

Divulgando: La plastilina de por sí es ya un material peculiar, con unas propiedades que no encontramos a diario en la naturaleza. Es por eso que nos fascina y cuando cae en nuestras manos, no podemos parar de jugar. Pues bien, la plastilina “Silly Putty” tiene unas propiedades muchísimo más asombrosas; mientras que al tacto y en apariencia se parece a la plastilina corriente, la manera de absorber los golpes, su fluidez y su comportamiento magnético, no tienen nada que ver.

Protocolo Fagocitosis: Amasamos la “Silly Putty” brevemente hasta que formemos una bola deforme y la dejamos descansar sobre una superficie plana como puede ser una mesa.

Cogemos con mucho cuidado el imán de neodimio y lo colocamos levemente en contacto

con la masilla, y esperamos 5 minutos. Enseguida observamos que la plastilina comienza a fagocitar poco a poco al imán.

Protocolo imantación: Esparcimos sobre la mesa varios clips y grapas. Ahora acercamos la “Silly Putty” para comprobar su capacidad magnética, como vemos no ocurre absolutamente nada. Pues bien, ahora colocaremos el imán en contacto con un lateral de la plastilina (en esta ocasión el tiempo de contacto será más breve para evitar que se produzca la fagocitosis), y después separamos el imán y acercamos la zona imantada de la “Silly Putty” a los clips y grapas. Esta actividad requiere un poco de pericia, por lo que recomendamos que se hagan pruebas para pulir la técnica antes de llevarlo a cabo delante de los alumnos.

Protocolo “botar”: Esta es una de las pro-

piedades más asombrosas de esta plastilina tan especial. Es todavía más sorprendente si tenemos en cuenta que su comportamiento concencional, al igual que en la plastilina común, parece consistir en absorber golpes mecánicos leves (esto podemos observarlo cuando presionamos con un dedo y la “Silly Putty” se deforma).

Para comparar ambos materiales podemos coger un trozo de plastilina y manipularla a la vez que la “Silly Putty”. Finalmente, hacemos dos bolas con ambas gomas; primero lanzamos la de la plastilina contra el suelo y vemos su comportamiento: casi no rebotará. Ahora llega el momento de lanzar la “Silly Putty” contra el suelo, que sorprendentemente rebota.

OBSERVACIONES: Si no hacemos una esfe-

ra con la “Silly Putty”, esta no botará. Por otro lado, cuanto menos irregular sea la esfera más controlados serán los botes. Se debe tener cuidado con el primer lanzamiento porque realmente bota mucho.

Protocolo serpiente: Esta experiencia requiere cierta destreza y sobre todo una preparación previa para que se pueda llevar a cabo con éxito el día de la demostración.

La experiencia consiste en moldear la “Silly Putty” hasta conseguir tener una zona con forma de churro, de grosor aproximado de un lápiz. Después, acercamos el imán a la punta del churro, sin que entren en contacto, hasta que la punta sea atraída por el imán; luego movemos este, y el churro seguirá el movimiento del imán. Por momentos puede parecer la cabeza de una serpiente hechizada.

La preparación previa sirve para ajustar el grosor del churro, pues si este es muy grueso, el imán no tendrá la fuerza suficiente como para conseguir arrastrarlo. Hemos comprobado que funciona mejor si la punta del churro está chafada con los dedos hasta que quede del grosor de un folio (solo la punta). Otro aspecto muy importante, que solo se adquiere con práctica, es controlar la distancia a la que hay que colocar el imán de la punta de la plastilina, pues si la colocamos muy cerca la punta se pegará al imán y si la ponemos lejos este no se verá atraído por el imán. Solo a la distancia adecuada se produce el espectacular efecto de mover la serpiente a la vez que se mueve el imán.

PRECAUCIÓN: el imán de neodimio es muy potente, por lo que hay que manipularlo con

precaución. Cuando el imán de neodimio atrae metales u otros imanes, lo hace con gran fuerza, de manera que si atrapa entre los dos objetos un dedo o la piel, puede producir golpes o pellizcos muy dolorosos. Además, al recibir impactos (por caídas o atracción de materiales masivos) se quiebra con facilidad. Debe manejarse siempre con mucha precaución.

Material:

- Plastilina (Silly Putty)
- Imán de neodimio
- Clips y grapas

Proporcionado por el profesor:

- Plastilina convencional

FILM ANTI-ESPÍA

A LA LUZ DE NUESTROS OJOS

El filtro de privacidad para móviles (también existen para portátiles y monitores LCD), consiste en una lámina de plástico ligeramente oscurecida, que únicamente se muestra transparente (más bien translucido) cuando se mira totalmente de frente.

En cuanto se empieza a observar la pantalla desde un lateral, esta se va oscureciendo gradualmente. Cuando se alcanza o sobrepasa un ángulo lateral máximo de 30° , la lámina se vuelve totalmente oscura.

Al colocar este filtro, únicamente el usuario que utiliza el móvil puede ver claramente lo que hay en ella.

A LA LUZ DE LA NANOESCALA

Este material nos asegura protección y privacidad utilizando nanotecnología de microrejilla. Evita que la información personal quede expuesta a terceros mediante el ajuste del ángulo de visión. Lo que

hace es cerrar los ángulos de visión de las pantallas, que normalmente están muy abiertos para poder ver la pantalla desde cualquier situación lateral. Ese ángulo se cierra de forma que se deja abierto únicamente para que la pantalla sea visualizada por la persona que está delante, en perpendicular a la pantalla.



Experiencia 3

FILM ANTI-ESPÍA

Divulgando: Ahora ya podemos mantener en privado nuestras navegaciones por la red con este film protector anti-espía.

Protocolo: Un compañero coloca el film delante de la pantalla del móvil o de una pantalla de ordenador y se coloca justo enfrente. Otros dos compañeros se sitúan en ambos lados

derecho e izquierdo e intentan adivinar qué está viendo el primer compañero. Para finalizar, la persona que porta el móvil cambia la posición con sus compañeros.

A continuación se repite la experiencia pero colocando el film en perpendicular con respecto a la pantalla. En esta posición ningún

observador será capaz de ver el contenido de la pantalla.

Material:

- Film antiespía

Proporcionado por el profesor:

- Teléfono móvil o pantalla de ordenador



ÓXIDO DE ZINC

A LA LUZ DE NUESTROS OJOS

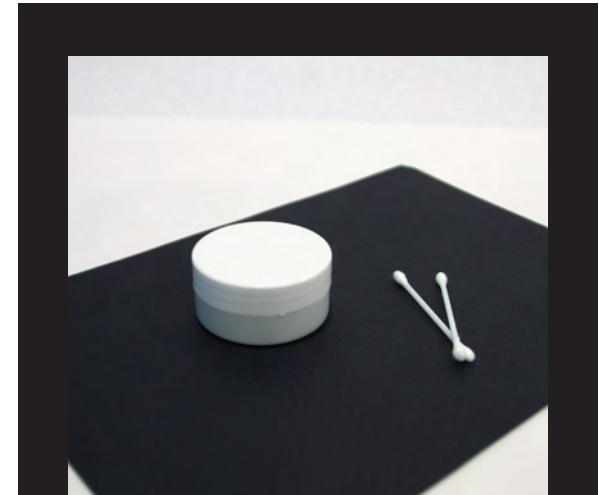
Tenemos el concepto interiorizado de que las cremas solares se absorben en la piel y que sin embargo las pomadas tienen que permanecer sobre ella para que curen. Pero lo cierto es que para que una crema haga su papel protector tiene que permanecer sobre la superficie de la piel. ¿Entonces porque es visible el rastro blanco de una pomada y sin embargo no vemos el de las cremas solares?

A LA LUZ DE LA NANOESCALA

La crema solar contiene nanopartículas de óxido de zinc. Las nanopartículas son tan pequeñas que ellas no pueden reflejar la luz visible, lo que provoca que la crema solar sea transparente a nuestros ojos. La pomada también contiene ZnO, pero las partículas son mucho mayores, y estas no son permeables a la luz visible, reflejándola, y creando una capa blanquecina sobre la piel.

La crema solar es un ejemplo muy común de la nanotecnología. Muchos otros productos de belleza y salud también contienen nanopartículas, incluyendo cosméticos y pastas de dientes.

La nanotecnología aprovecha las propiedades ventajosas que proporcionan los materiales a escala nanométrica para fabricar nuevos productos y aplicaciones. Las nanopartículas de la crema solar son invisibles al ojo humano: son tan pequeñas que solo reflejan la radiación solar en una longitud de onda menor que la que nuestro ojo humano puede detectar.



Experiencia 4

NANOCREMA SOLAR

Divulgando: La industria de los cosméticos siempre ha sido muy potente e innovadora, por lo que no ha tardado en buscar aplicaciones a la emergente nanotecnología. Ahora vamos a ver un ejemplo muy sencillo de cómo dos componentes similares tienen propiedades distintas debido al tamaño de las partículas que los componen.

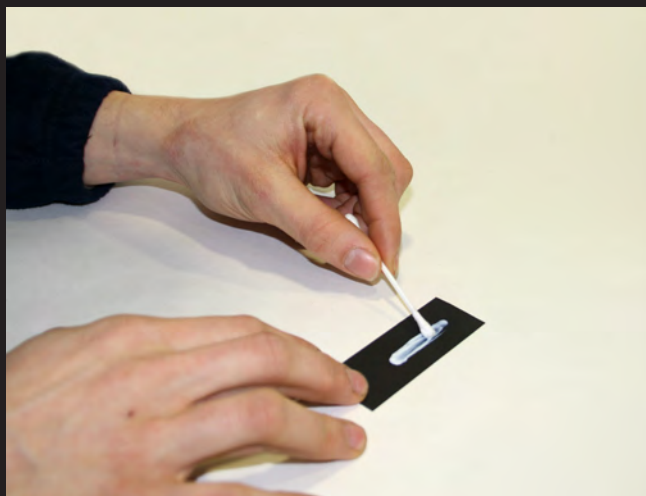
Protocolo: Con un palillo de algodón extendemos una pequeña cantidad de crema sobre la cartulina negra, e intentamos que esta desaparezca frotándola.

Con el otro extremo del palillo realizamos el mismo procedimiento pero con la crema con nanopartículas, e intentando coger la misma cantidad.

Observamos que en el caso de la crema con nanopartículas la mancha se queda transparente a diferencia de la otra crema con la que observamos una mancha de color blanco.

Material:

- 1 cartulina negra
- 1 palillo de algodón
- Crema óxido de zinc
- Crema óxido de zinc (nano)



ÓXIDO DE TITANIO

A LA LUZ DE NUESTROS OJOS

El dióxido de titanio es un mineral semiconductor sensible a la luz que absorbe radiación electromagnética cerca de la región del UV. Es resistente a la luz y tiene un alto índice de refracción. Químicamente es muy estable y extremadamente inerte, además es bastante económico y no es tóxico. Todo ello hace que se trate del pigmento blanco más importante en la industria. Se puede encontrar también como aditivo alimenticio bajo el código de E-171, en pastas de dientes o en caramelos para la tos. Su principal aplicación es la fabricación de pigmentos que se utilizan en diversos sectores que van desde la aplicación en materiales cerámicos hasta la industria automovilística.

A LA LUZ DE LA NANOESCALA

El dióxido de titanio se encuentra en la naturaleza en forma de mineral y puede presentarse en tres formas cristalinas: “anatasa” (estructura tetragonal), “rutilo” (estructura octahédrica) y “brookita” (es-

tructura ortorómbica). La forma más común es el “rutilo”, las fases metaestables de “anatasa” y “brookita”, se convierten a rutilo por acción del calor.

Una curiosa aplicación del óxido de titanio es la fabricación de pinturas que cambian de color en función del ángulo de observación. Esta propiedad se conoce como “efecto flip-flop” y se debe al tamaño nanométrico de las partículas de dióxido de titanio utilizadas, en cantidades determinadas. En esta escala los átomos se agrupan formando cristales de 3-5nm capaces de dispersar la luz creando estas composiciones de color.

En el caso de pigmentos blancos, las partículas de óxido de titanio utilizadas son cientos de veces más grandes y por lo tanto, ya no presentan este efecto.

Las pinturas con efecto flip-flop además de cambiar el color también protegen frente a la decoloración que provoca la exposición a la luz natural o artificial.



Experiencia 5

EFECTO FLIP-FLOP

Divulgando: En el siguiente experimento nos vamos a fijar en una propiedad muy curiosa del dióxido de titanio a escala nanométrica, que tienen aplicaciones en el mundo del automóvil para la pintura de carrocerías. Se trata de una superficie pintada con una pintura con “efecto camaleón” o “efecto flip-flop”, es decir, que cambia de color en función del ángulo desde el que la observemos. Este efecto se explica por el tamaño nanométrico de las partículas de óxido de titanio con las que está fabricada la pintura. Los nanocristales de óxido de titanio son capaces de dispersar la luz creando estos juegos de color.

Protocolo: Cogemos la semiesfera y la visualizamos al lado de la ventana desde diferentes ángulos para observar los cambios de color.

Divulgando: Un ejemplo cotidiano de una aplicación del óxido de titanio en tamaño nanométrico, la encontramos en los billetes de 50 euros. El número “50” se encuentra impreso con este tipo de tinta de forma que podemos observar como cambia de color en función del ángulo desde el que lo observemos. En este caso, este efecto es utilizado para la detección de billetes falsos así como para aumentar la complejidad de los procesos de falsificación.

Protocolo: Al igual que en el caso anterior visualizaremos el billete, concretamente el número “50”, desde diferentes ángulos para observar el cambio de color.

Material:

- Superficie efecto flip-flop

Proporcionado por el profesor:

- Billete de 50€

MATERIALES TERMOCRÓMICOS

A LA LUZ DE NUESTROS OJOS

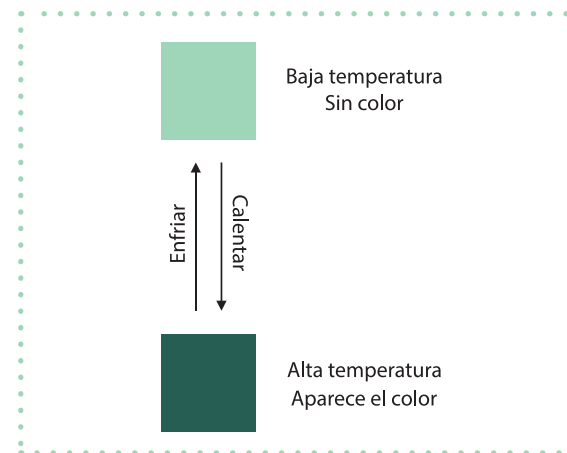
Hoy en día podemos encontrar en el mercado objetos que modifican su color al producirse cambios en su temperatura. Este fenómeno puede tener muchas aplicaciones en la industria, pero el más obvio parece estar en la rama de la seguridad, ya que un cambio de color nos puede avisar de lo caliente que puede estar un determinado material.

En esta fotografía tenemos una taza que, utilizando esta tecnología, nos avisa de si el contenido de la taza está caliente o frío, es decir, de si la podemos coger con las manos o si por el contrario hay que tener cuidado.

Otra industria que le está sacando partido a esta propiedad, es la de ropa para bebés. Confeccionan prendas en los que los dibujos están serigrafiados utilizando estos pigmentos, de modo que si el bebé aumenta de temperatura por encima de 38°C, los dibujos desaparecen avisando así de que el pequeño tiene fiebre.

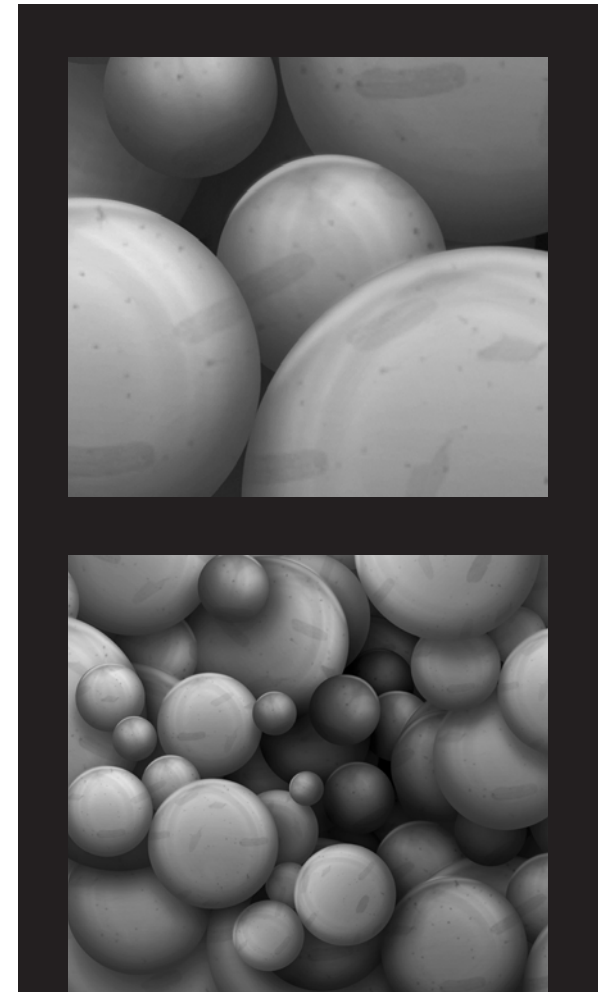
A LA LUZ DE LA NANOESCALA

Estos materiales se componen de moléculas orgánicas dispersas en películas delgadas de vidrio. Las moléculas cambian su estructura al cambiar la temperatura.



Transición de colores

Son pigmentos compuestos por nanocápsulas en los que el color cambia de una manera reversible o irreversible. Se selecciona un tipo u otro de cambio dependiendo de la aplicación final deseada. El cambio de color es producido por los cambios en la temperatura.



Experiencia 6

LÁMINA TERMOCRÓMICA

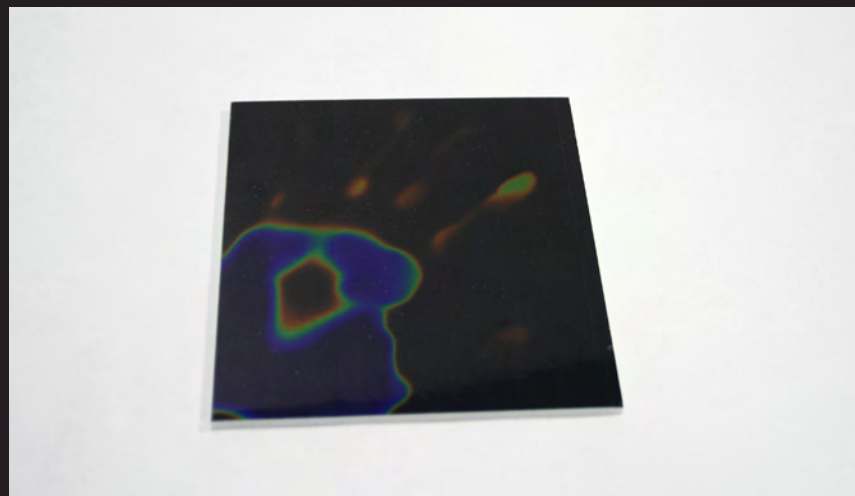
Divulgando: Ahora veremos cambios en el color dependiendo de la temperatura. Esta demostración es sencilla de entender ya que tenemos interiorizado el concepto de energía en forma de calor, que esta se puede transmitir y por lo tanto que esta energía provoque finalmente un cambio en la nanoestructura de los compuestos que forman los pigmentos.

Protocolo: Para que la lámina cambie de color tiene que alcanzar 37°C . Si colocamos la mano encima a temperatura corporal la silueta de la misma queda marcada en el papel en otro color. El proceso es reversible por lo que al volver a temperatura ambiente la lámina volverá a su color inicial.

Si solamente con poner la mano encima no es suficiente, podemos frotarnos las manos para aumentar la temperatura en la superficie de estas o utilizar el secador y aplicar calor directamente sobre la lámina.

Material:

- Lámina termocrómica
- Secador (opcional)



Experiencia 7

TAZA TERMOCRÓMICA

Divulgando: A continuación vamos a observar el mismo efecto pero aplicado a otro material diferente, como puede ser una cerámica como la de esta taza. En este caso la imagen aparece cuando se supera la temperatura de 40°C. Esto es debido a que la imagen está impresa con una tinta tratada que modifica su color con la temperatura ya que sus partículas modifican su estructura al modificar este parámetro.

Protocolo: Calentar agua en un recipiente externo (jarra, vaso de precipitados...) con ayuda de un microondas o una placa calefactora. Cuando el agua esté suficientemente caliente, verterla sobre la taza y observar lo que ocurre.

PRECAUCIONES: si los estudiantes van a encargarse de calentar el agua facilitarles guantes protectores para evitar quemaduras. Su-

pervisar en todo caso este proceso.

OBSERVACIONES: No es aconsejable calentar la taza directamente en el microondas.

Material:

- Taza termocrómica

Proporcionado por el profesor:

- Agua caliente



Experiencia 8

BODY TERMOCRÓMICO

Divulgando: Para finalizar vamos a ver una aplicación práctica de este tipo de materiales, concretamente vamos a utilizar una prenda de bebe, cuyo estampado está elaborado con una tinta termocrómica, de forma que desaparece cuando está a temperatura superior a 37°C, indicándonos que el bebe tiene fiebre.

Protocolo: Con ayuda del secador, aplicamos calor sobre la prenda y observamos lo que ocurre.

Material:

- Body termocrómico
- Secador



CAPÍTULO 4: EFECTO LOTUS

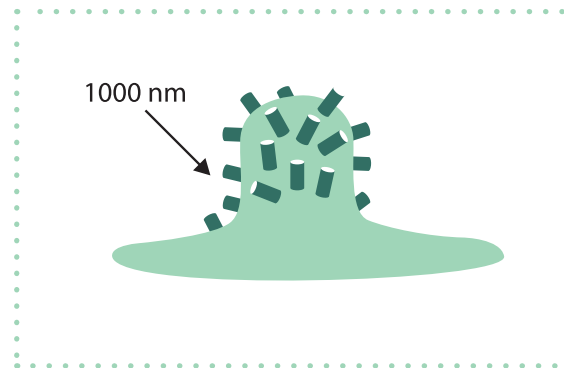
A LA LUZ DE NUESTROS OJOS

Durante muchos años investigadores de todo el mundo buscaron el modo de crear superficies que repelieran tanto la suciedad como el agua. Tras muchos años de investigación, y como ocurre a menudo, fue la Naturaleza la que nos proporcionó la respuesta, a través del estudio de una serie de plantas que habían solucionado ese problema. La flor del loto (Lotus) le da nombre a este efecto y es en sus hojas donde mejor podemos apreciarlo.

La evolución ha dotado a estas plantas de la capacidad de repeler el agua para evitar los daños que la exposición continua a esta puede ejercer sobre sus hojas; a la vez, también las protege de la suciedad (esporas, algas, polvo, etc...) ya que cuando las gotas de agua recorren la superficie de las hojas del loto, recogen todas las partículas, que no están adheridas a las hojas debido a dicho efecto. Lo que ocurre es que las partículas contaminantes tienen poca afinidad por la superficie de las hojas. Lo mismo le ocurre al agua y por eso las gotas recorren la superficie

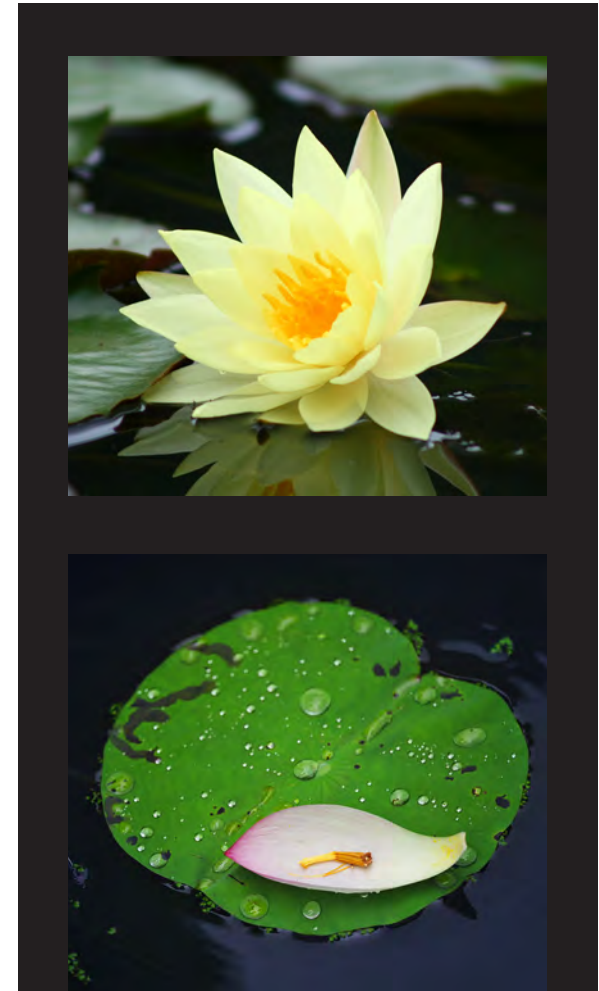
sin mojarlas. Por el contrario, estas partículas de suciedad tienen mayor afinidad por el agua, por lo que cuando esta pasa por los alrededores de dichas partículas, se adhieren a la gota dejando limpia la superficie de la hoja.

A LA LUZ DE LA NANOESCALA



Protuberancias superficie hoja flor de loto

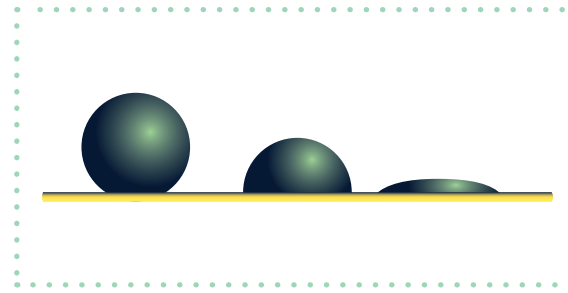
Es común pensar que las superficies totalmente lisas son más fáciles de limpiar que las rugosas, ya que en las primeras nos parece que la suciedad no se incrusta. Pero si pudiéramos ver la superficie de las hojas de la flor del loto a la luz de un



microscopio electrónico, veríamos una superficie totalmente rugosa, y es debido a esta nanoestructura rugosa de la superficie de las hojas por lo que se produce el efecto de extrema hidrofobicidad.

La repulsión de un material al agua está fundamentada en la nanoestructura de su superficie. La nanoestructura de las hojas de la flor del loto modifica las interacciones (tensión superficial) entre las moléculas de agua con las de aire, de agua con las de la hoja y las de la hoja con el aire. Y esto a su vez determina el ángulo de contacto entre la gota de agua y la hoja, conocido como ángulo de humectancia.

Según la definición física, una superficie es hidrofílica cuando el ángulo de contacto entre una gota de agua y la superficie es inferior a 90° . En este caso, el líquido moja al sólido ya que la superficie de contacto entre la gotita de agua y el sólido se reduce considerablemente. Por el contrario, una superficie es hidrófoba cuando el ángulo de contacto es superior a 90° ; de esa manera, se puede decir que la gota no moja el sólido.



Gotas sobre superficie

Consideremos un líquido que ha caído sobre una superficie sólida. Si el líquido es atraído fuertemente por la superficie (por ejemplo agua sobre un sólido hidrófilo) la gota se extenderá completamente por el sólido y el ángulo de contacto será pequeño. Para los sólidos que sean menos hidrófilos el ángulo de contacto puede variar entre 0° y 30° . Si la superficie del sólido es hidrófoba el ángulo de contacto será mayor que 90° . En superficies muy hidrófobas el ángulo puede ser mayor a 150° e incluso cercano a 180° . En estos casos el agua reposa sobre la superficie pero no la moja ni tampoco se extiende sobre ellas. Como ya hemos comentado, la flor del loto consigue esto gracias a las nanorugosidades que presenta su superficie.

Desde otro punto de vista podemos considerar este efecto como repulsiones entre diferentes materiales. Las moléculas de agua interaccionan mejor entre sí mismas que con las moléculas del aire, de manera que adoptan una forma esférica, ya que esta es la forma geométrica que tiene una menor superficie para un mismo volumen. Siguiendo esta explicación, la nanoestructura de la superficie de la Flor de Loto reduce al máximo la atracción de las moléculas de agua por las de la hoja, por lo que entran en contacto y de manera muy débil el menor número de moléculas de agua y de hoja, formando de este modo un ángulo de contacto superior a los 90° . Si por el contrario las moléculas de la hoja y las de la gota se atraerán en mayor medida, las moléculas de agua estarían más cómodas en contacto con estas que con las del aire, de modo que la superficie agua-hoja aumentaría, descendiendo a la vez el ángulo de contacto.

Experiencia 9

EXPERIMENTO PARA OBSERVAR EL "EFECTO LOTUS"

Divulgando: La evolución ha dotado a ciertas plantas de la capacidad de repeler el agua, para evitar los daños que la exposición continua del agua puede ejercer sobre sus hojas, pero a la vez también las protege de la suciedad o contaminantes que pueden caer sobre su superficie (esporas, algas, polvo, etc...), ya que cuando las gotas de agua recorren la superficie de las hojas, recogen todas las par-

tículas de suciedad, que no están adheridas a las hojas debido a dicho efecto. Donde mejor se aprecia este efecto es en las hojas del loto, de donde viene el nombre de esta propiedad "efecto lotus". Para verlo vamos a proyectar el video cuyo link aparece en el apartado "Material" de esta experiencia. A continuación observaremos este efecto en una especie más fácil de conseguir: una hoja de col.

Protocolo: Proyectar el video en el aula y a continuación realizar la misma experiencia utilizando una hoja de col.



Material:

- Pipeta Pasteur
- Vaso de precipitados

Proporcionado por el profesor:

- Portátil y cañón de proyección
- Conexión a Internet
- Pantalla de proyección
- Link: <http://www.youtube.com/watch?v=LJtQ6dvcbOg>
- Agua
- Hoja de col

Experiencia 10

PRODUCTO ANTI-VAHO

Divulgando: Todos conocemos lo que es el vaho: consiste en la condensación del vapor de agua al entrar en contacto con una superficie fría. Esto es lo que ocurre cuando salimos de la ducha y vemos que el espejo está empañado. En esa situación este efecto nos puede parecer gracioso e inofensivo. Pero a su vez este efecto puede acarrear problemas, sobre todo de visibilidad, por ejemplo en los parabrisas de los vehículos en invierno, o en los cascos de motoristas. El problema de la formación de vaho casi impidió el famoso sal-

to desde la estratosfera de Félix Baumgartner. Así que este ha sido un campo de investigación para científicos desde hace mucho tiempo. Ahora con la nanotecnología se ha conseguido dar una nueva solución al problema, a través de un líquido que agrega una superficie con nanoportuberancias y que aumenta la afinidad del agua sobre el cristal, de manera que esta se dispersa de manera más uniforme, sin formar gotas microscópicas, con un ángulo de humectancia próximo a cero, por lo que a simple vista no podemos observar la diferencia.

Protocolo: Pulverizamos una pequeña cantidad de líquido anti-vaho en el vaso de precipitados y con ayuda del pincel aplicamos el líquido en el espejo y en el vidrio de reloj. También podemos hacerlo en el cristal de la ventana de clase. Esperamos unos pocos mi-

nutos a que la solución se seque. A continuación aplicaremos vaho, con ayuda de nuestro aliento y observaremos como se forma vaho en toda la ventana a excepción de la zona donde hemos puesto el líquido anti-vaho.

Observaciones: si pasamos nuestro dedo por un cristal, le transferimos a este suciedad (grasa) proveniente de nuestras manos, lo que también reduce un poco la adhesión del vaho, pero no en la misma medida que el líquido anti-vaho y tampoco permite una visibilidad tan óptima.

PRECAUCIÓN: El líquido anti-vaho está compuesto por trazas de propanol, por lo que hay que tenerlo alejado de fuentes inflamables.

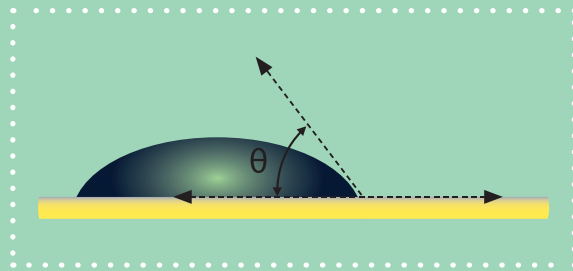
Material:

- Pincel
- Líquido anti-vaho
- Espejo
- Vidrio de reloj
- Vaso de precipitados



Experiencia 11

ÁNGULO DE HUMECTANCIA

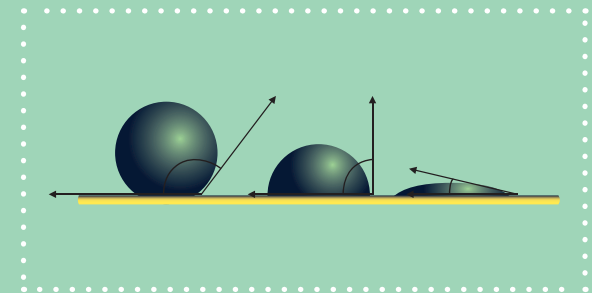


Ángulo de humectancia

Divulgando: El ángulo de humectancia es el que forma la superficie de un líquido al depositarse sobre un sólido. El valor del ángulo de contacto depende principalmente de la relación que existe entre las fuerzas de adhesión entre el líquido y el sólido y las fuerzas cohesivas del líquido. Cuando las fuerzas de adhesión con la superficie del sólido son muy grandes en relación a las fuerzas cohe-

sivas, el ángulo de humectancia es menor de 90° , teniendo como resultado que el líquido moja la superficie.

Podemos decir que una superficie hidrofoba tiene un ángulo de humectancia superior a 90° y una hidrofílica tendrá un ángulo inferior a 90° .



Diferentes ángulos de humectancia



Para poder observar este ángulo, nos vamos a ayudar de la lupa USB y visualizaremos la imagen en un ordenador.

Protocolo: En primer lugar conectamos la lupa al ordenador y enfocamos algún material, por ejemplo la manga de nuestro jersey o un cabello, para ver el aumento de la imagen. A continuación depositamos una gota de agua

encima del fragmento de tissu-sec con ayuda de la pipeta Pasteur. Observamos que la gota no impregna la tela. A continuación enfocamos con nuestra lupa y observamos la imagen en el ordenador. Observaremos un ángulo de humectancia mayor de 90° .

OBSERVACIONES: Para que la lupa funcione hay que instalar previamente los drivers que

se encuentra en el CD que acompaña el material.

Material:

- Lupa USB
- Pipeta Pasteur
- Trozo de tela hidrofóbica
- Vaso de precipitados

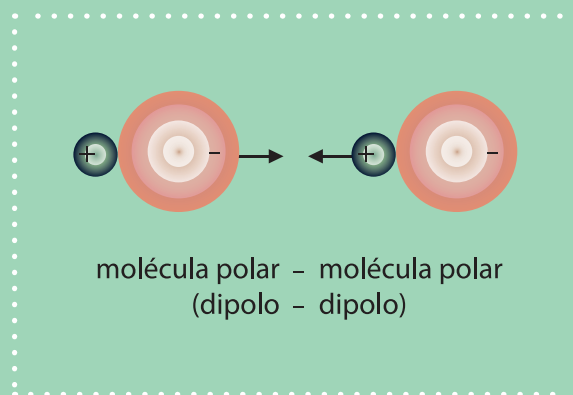
Proporcionado por el profesor:

- Ordenador
- Agua

Experiencia 12

ARENA MÁGICA

Divulgando: El agua es una sustancia polar, cuando se acerca a otra sustancia también polar como la arena (formada por sílice) hay una atracción de tipo eléctrico, los polos se orientan y se atraen como las cargas eléctricas. El agua moja a la arena.



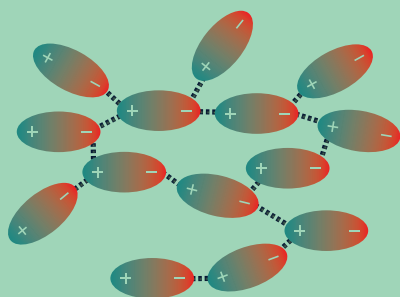
Interacción dipolos

En este experimento vamos a utilizar una arena mágica, que en realidad es sílice tratada con vapores de trimetilhidroxisilano ($\text{CH}_3)_3\text{SiOH}$, lo que la convierte en una sustancia apolar y por tanto hidrófoba ya que dejará de tener afinidad por el agua. El agua no llega a mojar la arena.

Protocolo: Llenamos el vaso de precipitados con agua y ponemos una pequeña cantidad de arena en uno de los filtros. A continuación sumergimos el filtro con la arena en el vaso. Cuando lo saquemos podremos observar que la arena se ha mojado. A continuación repetimos la operación utilizando la arena mágica. Podemos observar a simple vista que la arena no se moja. También podemos visualizar que los granos de arena mágica permanecen secos con ayuda de la lupa USB. La arena normal está formada por pequeños granos



de sílice, que es una sustancia hidrófila por lo que tiene afinidad por el agua. El agua es una sustancia polar, cuando se acerca otra sustancia también polar (como la sílice) hay una atracción de tipo eléctrico, los polos se orientan y se atraen como las cargas eléctricas. El agua moja a la arena.



Interacciones dipolares

La arena mágica es sílice tratada con vapores de trimetilhidroxisilano(CH_3)₃SiOH, lo que convierte a la arena en una sustancia apolar y por tanto hidrófoba ya que dejará de tener afinidad por el agua.

Al observar lo que ocurre con una lupa veremos como el agua no llega a mojar la arena.

OBSERVACIONES: En el caso de añadir la arena directamente sobre el agua, recuperar la arena con ayuda de un colador y guardarla en otro recipiente para poderla reutilizar en futuras experiencias. No mezclar la arena reciclada con la original.

Material:

- Arena mágica
- Arena normal
- Lupa USB (opcional)
- Filtros arena
- Vaso de precipitados

Proporcionado por el profesor:

- Agua

NITINOL

A LA LUZ DE NUESTROS OJOS

Algunos materiales, como el nitinol, una aleación de níquel y titanio, presentan una peculiar propiedad, la “memoria de forma” que consiste en que el material recupera su forma original al calentarlo.

A LA LUZ DE LA NANOESCALA

El efecto “memoria de forma” no representa en sí un logro de la nanotecnología, pero permite la comprensión de los efectos del movimiento a nivel nanométrico. El cambio estructural que se produce al variar la temperatura es debido a la transición entre dos estructuras cristalográficas distintas de un mismo material.

El mecanismo más común de transición de fase consiste en el desplazamiento de átomos de sus posiciones de equilibrio, mediante un proceso conocido como difusión, para adoptar una nueva estructura más estable en las condiciones de presión y temperatura a las que se encuentra el material. Este tipo de transiciones se pro-

duce generalmente de una forma lenta.

Las aleaciones con memoria de forma deben sus propiedades a una transición de fase entre una estructura de tipo “austenita” y una de tipo “martensita”.

La “martensita” (de baja temperatura) es una fase menos cúbica. Una vez que se ha generado por enfriamiento la fase “martensita”, se puede realizar fácilmente una deformación plástica (permanente), pero la transformación por calentamiento recupera la única estructura de tipo “austenita” posible. Este efecto, a escala macroscópica, se manifiesta en la recuperación de la forma inicial.

Los metales con memoria tienen la propiedad de recordar su forma original, a la que vuelven al aplicarles un cambio de temperatura.



Experiencia 13

NITINOL

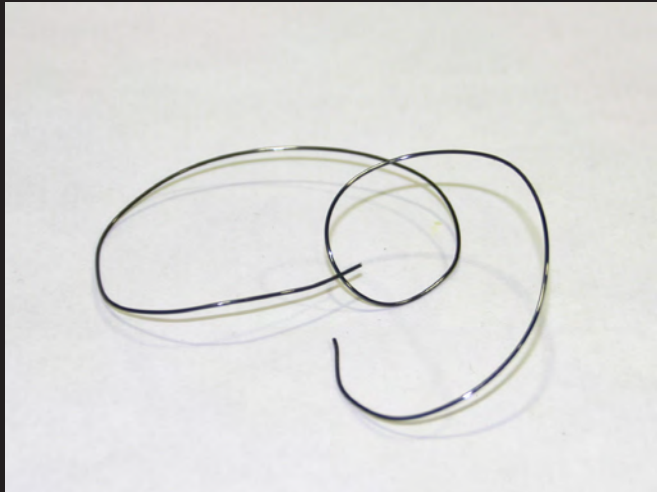
Divulgando: ¿Alguna vez habéis visto cómo se reordenan los átomos? Vais a ver como se reordenan los átomos de este metal, al calentar el metal cambia de estructura recuperando la única estructura posible, de forma que vuelve a su forma inicial. Es como si todos los alumnos de esta clase que habitualmente ocupáis los mismos asientos, cambiaseis de ubicación, pero manteniendo el orden de

la clase, de forma que el resultado fuese una clase más ordenada.

Protocolo: Se moldea un trozo de nitinol a la vista de los alumnos, a continuación se calienta con el secador y se observa como al aplicarle calor vuelve a su forma original, la que tenía antes de deformarlo.

Material:

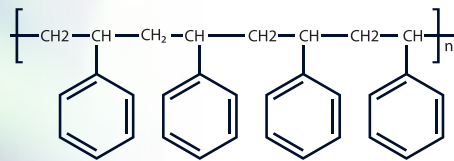
- Nitinol
- Secador



MATERIALES COTIDIANOS CON MEMORIA DE FORMA

A LA LUZ DE NUESTROS OJOS

El poliestireno (PS) es un polímero termoplástico que se obtiene de la polimerización del estireno.



Fórmula poliestireno

Existen cuatro tipos principales:

- El poliestireno cristal, que es transparente, rígido y quebradizo.
- El poliestireno de alto impacto, resistente y opaco.
- El poliestireno expandido, muy ligero.
- El poliestireno extrusionado, similar al expandido pero más denso e impermeable.

Las aplicaciones principales del poliestireno son la fabricación de envases mediante extrusión-termoformado, y de objetos diversos mediante moldeo por inyección. Las formas expandida y extruida se emplean principalmente como aislantes térmicos en construcción y como elemento de protección en los embalajes de objetos frágiles.

Las ventajas principales del poliestireno son su facilidad de uso y su costo relativamente bajo. Sus principales desventajas son su baja resistencia a temperaturas elevadas, y dependiendo de su densidad, alta permeabilidad a los gases y al vapor de agua.



A LA LUZ DE LA NANOESCALA

La fabricación de polímeros en una base de arcilla a nivel de nanotecnología produce un tipo de materiales alternativos, cuyas pruebas iniciales muestran que este tipo de nanopolímeros mejoran muchas de sus propiedades fisicoquímicas, especialmente en cuanto a sus propiedades térmicas y mecánicas.

El uso de nanocompuestos provee una gran oportunidad para superar las limitaciones que pueda presentar el poliestireno.

Entre los tipos de nanocompuestos más usados están los silicatos laminados (arcillas), nanotubos de carbono y los nano-whiskers de celulosa, titanato laminado ultra fino.



Experiencia 14

MATERIALES COTIDIANOS CON MEMORIA DE FORMA

Divulgando: El objetivo de la actividad es mostrar cómo algunos materiales que utilizamos en la vida cotidiana, en determinadas condiciones, pueden recuperar la forma que tenían antes de ser transformados (memoria de forma). Es el caso de algunos termoplásticos.

En este caso el plástico utilizado es un enva-

se de "Petit Suisse" fabricado con poliestireno (PS). El poliestireno es un polímero constituido por moléculas que forman cadenas muy largas; cuando se moldea para fabricar los envases las cadenas se estiran. Al elevar la temperatura las cadenas tienden a recuperar su disposición inicial.

Protocolo: Primero encendemos el mechero Bunsen.

Con ayuda de unas pinzas cogemos el envase y lo colocamos encima de la fuente de calor evitando el contacto directo.

Mantenemos el envase cerca de la fuente de calor a la vez que lo giramos con cuidado con



ayuda de las pinzas. El envase empieza a “encogerse”.

Cuanto más despacio se realice el procedimiento, mejor resultará el experimento. Si el proceso es lo suficientemente lento, al final, obtendremos el trozo de lámina de plástico que se utilizó para fabricar el envase. El efecto es más espectacular si se utiliza un envase con líneas de colores.

A continuación se puede realizar el mismo procedimiento con otro recipiente de plástico, como un vaso y observar la diferencia.

PRECAUCIÓN: Hay que tomar las medidas de seguridad apropiadas para evitar quemaduras derivadas de la manipulación de la fuente de calor.



Material proporcionado por el profesor:

- Mechero Bunsen
- Envase de poliestireno (“Petit Suisse”)
- Pinzas
- Mechero o cerillas

A LA LUZ DE NUESTROS OJOS

La conductividad eléctrica es la capacidad de un material para dejar circular libremente las cargas eléctricas a través de él. Depende, entre otros factores, de la estructura atómica y molecular del material.

El **grafito** es una de las formas alotrópicas (posibles estructuras sólidas) en las que se puede encontrar el carbono. Está formado por láminas de hexágonos de carbono, apiladas entre sí. A lo largo de las capas, se comporta como un conductor semimetálico.

El **grafeno** también está formado por átomos de carbono dispuestos en un patrón regular hexagonal, similar al grafito, pero formando una única capa, es decir, una finísima lámina, de un solo átomo de espesor.

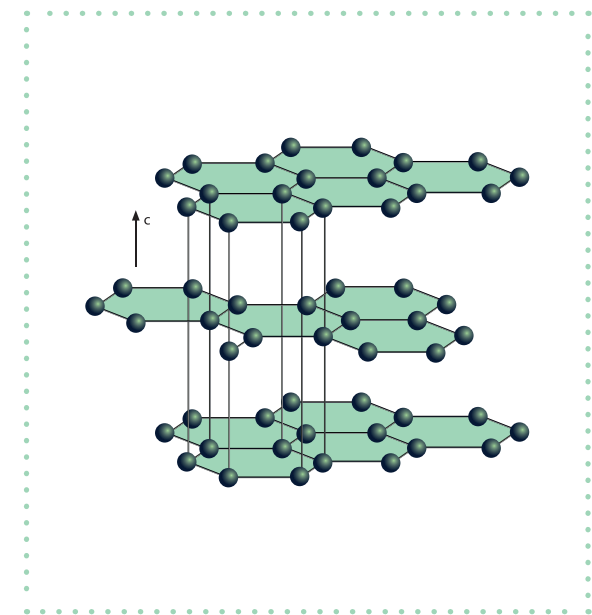
Posee muchas propiedades sobresalientes: es transparente, flexible, extraordinariamente resistente, impermeable y conduce la electricidad mejor que ningún otro metal conocido.

Aunque fue sintetizado por primera vez en 2004, saltó a la fama en 2010 cuando sus descubridores, los investigadores de origen ruso Andre Geim (Sochi, 1958) y Konstantin Novoselov (Nizhny Tagil, 1974) recibieron el Premio Nobel de Física, por su obtención a partir de grafito.

A LA LUZ DE LA NANOESCALA

Las uniones entre los átomos de carbono de una misma lámina son muy fuertes, ya que son enlaces covalentes, en donde cada átomo de C está unido a otros tres, por lo que tienen una hibridación “sp²”. Esta hibridación supone que cada átomo de carbono tendrá un orbital “p” sin hibridar albergando un electrón desapareado. Esto provoca que se forme una densidad electrónica deslocalizada por encima y por debajo de los anillos hexagonales, y esta deslocalización de la carga es lo que provoca la conducción eléctrica de este material. El carbono se comporta como un conductor a lo largo de una capa, pero sin embargo opone mucha más resistencia a la conducción perpendicular a las capas,

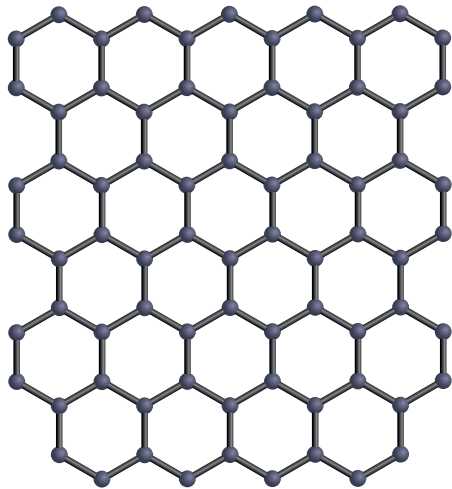
comportándose como un semiconductor.



Grafito

Por otro lado, las uniones entre los átomos de C de láminas diferentes es mucho más débil, ya que se tratan de interacciones de Van der Waals. Por esta razón el grafito se puede exfoliar, romper en capas, y esto es lo que le permite usarse como material para la punta de los lapiceros.

El grafeno es un nuevo material formado únicamente por una fina capa de átomos de carbono, es un teselado hexagonal plano (como un panal de abeja) formado por átomos de carbono y enlaces covalentes que se forman a partir de la superposición de los híbridos sp^2 de los carbonos enlazados.



Grafeno



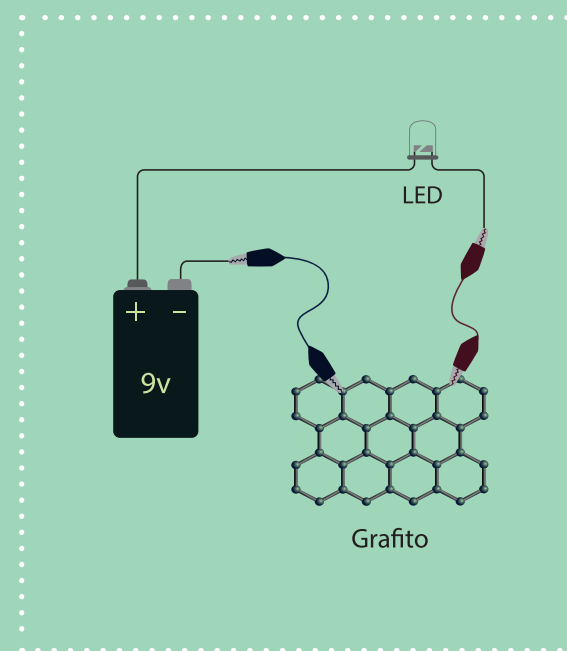
Experiencia 15

CIRCUITO ELÉCTRICO CON GRAFITO

Divulgando: Se comienza preguntando a los alumnos: ¿Sabéis que todos los diamantes de las joyerías, algún día acabarían convirtiéndose en grafito, en mina de lápiz? Tardaran mucho tiempo, pero acabarían así. Esto ocurre porque el diamante y el grafito son lo mismo (desde el punto de vista de su composición, claro), están constituidos por los mismos átomos, carbono, solo se diferencian en la organización de estos en el espacio. Y esto es lo que les confiere unas propiedades tan distintas, a uno y a otro. Uno de los de los descu-

brimientos más importantes de este siglo ha sido el grafeno, el cual también está formado por átomos de carbono, y que ha asombrado a todo el mundo por sus prometedoras propiedades, jamás vistas en otro material.

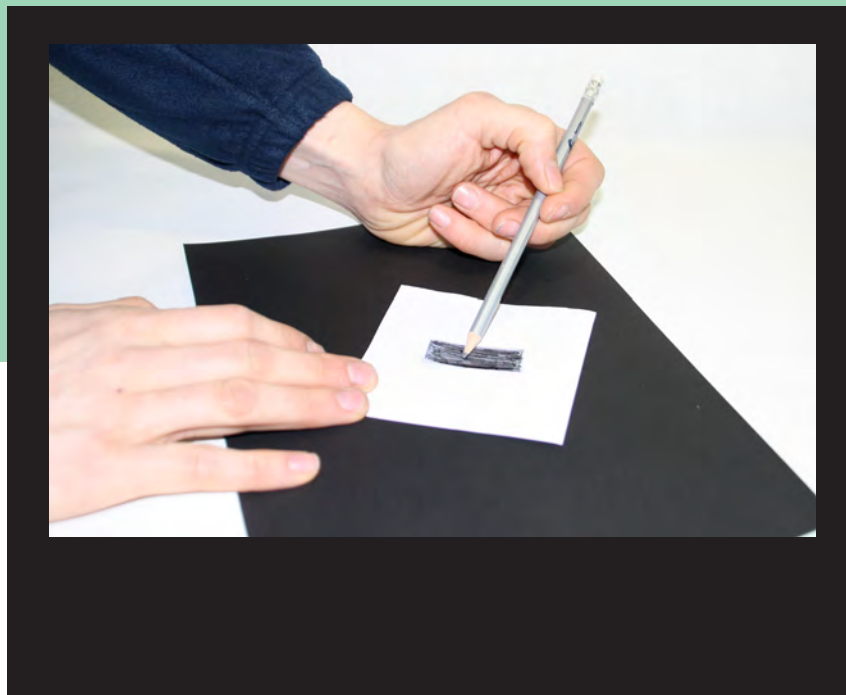
Protocolo: Lo primero que haremos es construir el circuito y conectar el LED siguiendo este esquema.



Esquema circuito

Una vez que lo tengamos preparado, dibujaremos un rectángulo sobre una hoja de papel y lo pintaremos con la barra de grafito. El rectángulo tiene que ser de varios centímetros de longitud y tenemos que ser generosos a la hora de pintarlo para que quede relleno de una buena capa de grafito.

Una vez tenemos todo, es hora de colocar sobre el rectángulo de grafito las dos pinzas. El LED se enciende. Ahora podemos mover las pinzas a través del rectángulo, alejándolas y juntándolas, para observar lo que ocurre.



Material:

- Barra de grafito
- LED
- Pila de 9v
- 4 cables con pinzas

Proporcionado por el profesor:

- 1 folio



Instituto Universitario de Investigación
en Nanociencia de Aragón
Universidad Zaragoza



